預冷與貯藏溫度對蘆筍嫩莖呼吸率、品質及保鮮之影響

Effects of Precooling and Storage Temperature on the Respiration, Quality and Shelf-Life of Asparagus Spears

方 祖 達　區 少 梅

by

Tzuu-tar Fang　Shau-mei Ou

摘　要

蘆筍嫩莖，一旦離開母體因受採收後生理及生化之變化所影響，則發生內部纖維、木質素及酸分含量之增加，而全固形物、維生素丙及其有機物質之相對減少之現象。

爲了防止或抑制採收後蘆筍嫩莖之劣變，本研究採用水冷法，依照水冷圖標調節噴洒預冷頗收功效。經此水冷之嫩莖再以 5°C 、95 %相對濕度之室內貯藏，其呼吸率較 20°C 85 %相對濕度者約降低四倍。其保鮮效果甚佳，綠蘆筍有三天，白蘆筍有一天之品質保持與採收當天者相近。但是冷凍白蘆筍之品質言，若以此處理與冷藏三天，則無法防止其中粗纖維及木質素之增加而老化。

貯藏之溫度對嫩莖之色澤變化之影響較濕度爲大。貯藏一天後，綠蘆筍之光亮度（ L 值 ）及綠色（ －b 值 ）及白蘆筍之暗化程度受貯藏溫度之影響頗大。葉綠素之減退亦與貯藏於 5°C 時間成正相關，卽貯藏剛開始之頭二天，蘆筍嫩莖基部之葉綠素消退較尖部爲快，而以後則以近尖端部消退爲快。

前　言

蘆筍嫩莖爲一營養器官，採收後因離開了母株，則水分、礦物質及有機物等之供應立卽停止，致無法繼續進行同化作用，而體內則仍在進行有機物之代謝、水分之蒸發等作用。因之會引起嫩莖之脫水而凋萎；因呼吸而消耗所積儲之有機物，引起成分之變化、組織之老化、減低了商品之販賣價值；尤以高溫乾燥之貯藏環境下爲甚，採收後之蘆筍嫩莖如不立卽加工利用，則應當採用適當之控制品質之方法處理及貯藏，才不會導致其組織之纖維老化，糖度之降低，風味之損失及筍莖之萎凋等現象之發生（ [3,4] ）。

據 1968 年美國農部調查：蘆筍是一種呼吸率極高之蔬菜，採收後欲保持其較佳品質之商品價値，則需利用接近零度之低溫或以人工控制大氣之貯藏方法，方可延長其採收後之貯藏壽命與利用價値（ [1] ）。臺灣加工用之綠蘆筍已應用預冷降低嫩莖之品溫，貯藏於冷氣下以達到延長加工利用之時間。本研究之目的在探究蘆筍嫩莖採收後之老化現象，由預冷及冷藏以探測其生理及生化上之變化。由水冷作用、呼吸率之測定、冷藏溫度與時間對蘆筍保鮮及影響品質之程度以闡明在應用上之價値。

材料與方法

供試之綠蘆筍採自 62 年 4 月 10 日嘉義六脚鄉，白蘆筍採自屏東新園鄉，均於當日運至臺北。綠蘆筍嫩莖是依莖的直徑粗細分爲大、中、小三個等級，每一公斤爲一束以塑膠繩縛之，置於水冷櫃內，使品溫自 30°C 用冰水噴洒，於 8 分鐘內降至 8°C ，立卽置於保麗龍（ polylon ）之保溫箱內，上面蓋上一層海綿，用碎冰散在上面（top iceing ），保持至 5°C 左右。由莒光號快車速運至臺大園藝系冷藏庫，以 0°C 貯放一夜，供次日試驗。白蘆筍於上午十時採收後立卽冰冷包裝如上述，於下午一時運至高雄，再由空運至

本文原載於中國園藝第二十卷第四期

臺北，供當日試驗，或貯於 0°C 冷藏庫內供次日試驗。

洒噴式水冷櫃是仿照加州大學果樹系所設計之原理[17]，由國內廠商承造的，其構造型式及性能也是照水冷圖標計算而設，如圖四所示。冷櫃之上部爲一不銹鋼製之冷却槽，槽之大小爲長 80cm，寬 50 cm，高 20 cm，可容納碎冰或冷水體積 80 公升。槽內設有 5 公尺長分 8 條上下兩層排列，一端通至槽下之噴洒頭，一端則連接在抽水唧筒上。冷櫃之冷却槽下面置有一不銹鋼之接水槽，此接水槽上設有不銹鋼網做成的架子，一次可放置 8 － 10 公斤的蘆筍芽。噴洒頭爲四個向下的洒頭構成，當抽水唧筒抽水時，同時噴洒頭則噴洒冷水出來。

水冷處理前，先將碎冰及冷水置於水槽內，待約 5 公鐘後水溫降至 5°C 左右，則開始噴洒處理，噴洒於蔬菜上之冷水集於接水槽內，又經唧筒抽至冷却槽之水管內。如此循環流動，可吸收蔬菜內之熱溫而達到預冷之效果。爲防止蔬菜表面受水冷之污染，可將菜先以清水冲洗，再置入水冷櫃內進行水冷處理。在噴洒冷水中可加入氯化物等殺菌劑，以保持冷水清潔。

呼吸率之測定是依 Claypool 及 Keefer[2] 之比色法，測定蘆筍嫩莖之呼吸作用，以 mg CO_2／kg-hr 表示之。

品質之測定：供品質測定之試驗樣品，先依蘆筍莖之粗細分級，各取 400g，縱切成 4 份，(1)供測定可溶性固形物、pH 值、可滴定之酸度；(2)供測定維生素丙之含量；(3)供測定纖維及木質素之含量；(4)供水分、乾物量及灰分之測定。測定之方法均依 AOAC 測定之；其中糖度之測定卽以糖度計（Refractometer）之示度，再以 20°C 校正後表示之；維生素丙（L-ascorbic acid）是以 Na-2,6-Dichlorophenol-indophenol）之標準液滴定以求之。

色澤之測定是選定離筍尖 3cm 及 7cm 兩處各剝取厚約 0.3cm 之皮部 3 × 3cm^2 左右，置於色差計（Color & Color difference meter，ND-K6B）之儀器反射光之洞口處，與標準色板比較所測出樣品之色值（color value）：L 表示光亮度；＋a 表示紅色；－a 表示綠色；＋b 表示黃色；－b 表示藍色。本試驗所用之反射光之孔徑爲 30mm[8]。

纖維組織之檢查：採取屏東新園之白蘆筍嫩莖爲檢查之材料，經 5°C 貯藏 2 天後，自基部離筍尖 16 cm 處切取莖之橫切片，置於 45 倍之顯微鏡下檢看（已染色），檢察其纖維質在莖中分佈之情形。以描繪方法將顯微鏡下所見之橫切面圖示如圖三。

冷凍試驗：每一樣品在進行冷凍加工前，先將蘆筍嫩莖之基部切去約 1cm，使筍芽長爲 15cm。樣品經洗清潔後，以 97°C 熱水殺菁 3 分鐘，再經 10°C 冷水冷却約 5 分鐘，使品溫降至 10°C 左右。淋乾後卽裝入 PE 袋內，裝時是將筍芽平放一層，立卽封口並抽去袋內空氣，以－40°C 急速吹氣冷凍，約四小時品溫降至－35°C 左右，放置於－35°C 冷凍櫃內，經三星期之貯藏後，取出解凍，供品質測定及品評用之材料。

經解凍後之蘆筍嫩莖切爲尖部及基部二段，分別採取一定量置於燒杯中，加入等量 1％之食鹽水共煮沸約 5 分鐘，置於白瓷盤中，由十人組成試食品評小組擔任品評；就樣品之色澤、香氣、食味及組織等一一品評，其評估之記分是採用 hedonic scale；高分爲優，低分爲劣，滿分爲 10 分，最差爲 1 分。所評估之結果，經統計後以區別其品質。

結果與討論

一、貯藏溫度對蘆筍嫩莖呼吸之影響：

材料自採收經水冷處理及 5°C 貯藏一天後，分別進行不同貯藏溫度與呼吸率之關係之試驗，貯藏於 0°C、5°C 及 20°C 冷藏庫內，相對濕度均控制約 95％，每天測定呼吸率二次共七天，並調查其外觀品質，以判斷是否仍有貯藏之商品販賣價值，卽以一般之零售壽命（Shelf-Life）[19] 做爲可接受與否之標準。本試驗之結果列如表一所示，在 0°C、5°C 及 20°C 之三種貯藏溫度之筍莖均受溫度之影響頗大。

綠蘆筍嫩莖不論直徑粗細，貯藏於 0°C 其基部不必浸於濕的泡泡棉上，能保持品質至第六天仍有可接受之零售壽命，而呼吸率則隨貯藏之日數而降低，若與貯藏於 5°C 其他條件相同之情況下相比較，此貯於 0°C 之呼吸率只有 5°C 者之一半。貯藏於此 0°C 者在第六天前外觀色澤及品質均甚佳，唯至第七天則發現有部份筍尖受到水傷之現象。如果商業上貯藏運輸時，若能利用適當之保鮮劑及防腐劑等而不違反衞生條件下，當可更能達到延長零售壽命。綠蘆筍在 5°C 溫度若其基部立於濕泡泡棉上，保鮮時間亦可達六天的成績，若是不用濕泡泡棉，則貯藏至第五天，已有外觀品質衰退之現象發生。貯藏於 20°C，若有同樣之保濕處理，可保鮮三天，否則，無保濕者只有二天之保鮮效果。20°C 下貯藏之綠蘆筍呼吸率均較 5°C 及 0°C 者爲大[12]。

表一　不同貯藏溫度下綠蘆筍嫩莖之呼吸率及保鮮效應

Table 1. Effect of storage temperature on the respiration and shelf-life of green asparagus spears

貯藏日數 Storage in days	貯藏溫度 Storage temperature: 於 0°C 基部不浸水 at 0°C, batt no dipping in water L	M	S	於 5°C 浸水 dipping (medium	at 5°C* 不浸水 no dipping size spears)	於 20°C 浸水 dipping (medium	at 20°C 不浸水 no dipping size spears)
1	32.6	30.7	23.9	32.8	35.3	107.5	128.5
2	17.8	15.6	15.2	32.8	34.1	88.2	121.9
3	16.5	15.2	13.9	27.2	27.3	75.3	128.5*
4	13.5	14.0	12.5	27.6	29.8	49.6*	128.5*
5	12.7	13.0	12.0	27.5	28.2*	32.0*	96.6*
6	12.2	11.8*	11.5	27.2	22.4*	40.0*	85.0*
7	13.5*	12.8*	12.0*	25.2*	21.5*	40.0*	80.0*

註：* 表示已無商品之販賣價值。（Unsalable）
L：large size; M：medium size; S：small size.

白蘆筍嫩莖之供試材料是採自屏東新園，自田間採收時品溫 30°C 經水冷後降至 8°C，再貯藏於 5°C 運送至試驗室，分別置於 5°C 及 20°C 溫度之貯藏庫內做呼吸率及品質之調查試驗。結果如表二所示，可知在同一貯藏溫度下，白蘆筍之呼吸率較綠蘆筍爲大，且品質之品評記分隨貯藏之日數而顯著地降下。影響白蘆筍品質最大之因素是組織，貯藏於 5°C 之材料，每日抽取樣品做冷凍及冷凍後貯藏試驗，結果發現白蘆筍採收後若不立卽冷凍加工。其粗纖維增加率及木質素增加率均大。爲了減少白蘆筍冷凍後之老化，採用原料筍芽應自採收後立卽加工，不可作貯藏後再冷凍加工。

就冷凍品之評估結果，冷凍白蘆筍之原料採收後在 5°C 貯藏日數愈久，製品之品質愈差，經統計分析其顯著差異至爲明顯。高分表示品質佳，低分表示品質差。

表二　冷藏日數與溫度對白蘆筍嫩莖之呼吸率及冷凍品老化之影響

Table 2. Effects of storage temperature and days on the respiration rate and roughness of frozen white asparagus spears

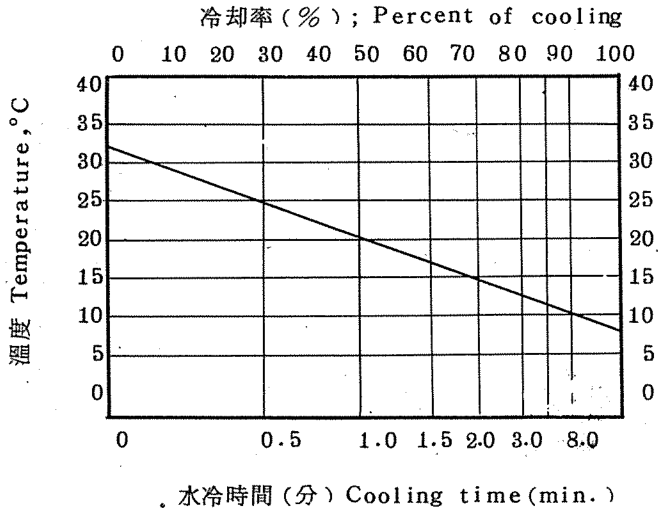
貯藏日數 storage in days	呼吸率 respiration rate (mg CO_2/kg-hr)		5°C 貯藏後冷凍 before freezing, samples were stored at 5°C for different days		
	貯藏溫度 storage temperature at 5°C	at 20°C	粗纖維增加率 % of crude fiber content increased	木質素增加率 % of lignin content increased	品評記分 ** organoleptic evaluation score
1	44.2	140.5	8.7	59.0	7.3
2	42.5	126.8*	15.0	88.0	5.5
3	39.8	119.6*	49.8	126.0	4.3
4	41.5*	127.6*	56.8	124.0	3.0
5	42.0*	178.0*			
L.S.D.	at 0.01				1.05
	at 0.05				0.78

* 已無商品販賣價值 unsalable.

** 評估記分A 1－10 hedonic scale as follows: Excellent: 9-10; Good: 7-8; Fair: 5-6; Poor: 3-4; and Very poor: 1-2.

二、噴洒式水冷處理對蘆筍嫩莖冷却效果之影響

剛自田間採收之綠、白蘆筍品溫高達 30°C 左右，經噴洒水冷，即以 5°C 冷水噴射於筍芽上約經 9 分鐘，不論是白或綠蘆筍嫩莖均能使其品溫降至 8°C 左右。由一溫差計可算出單位噴洒時間內品溫之降下情形。依據 Sichel 氏公式可得本冷水櫃噴洒之效果，即每 kg 冰可吸熱約 7.1Kcal 。



圖一　蘆筍嫩莖水冷圖標

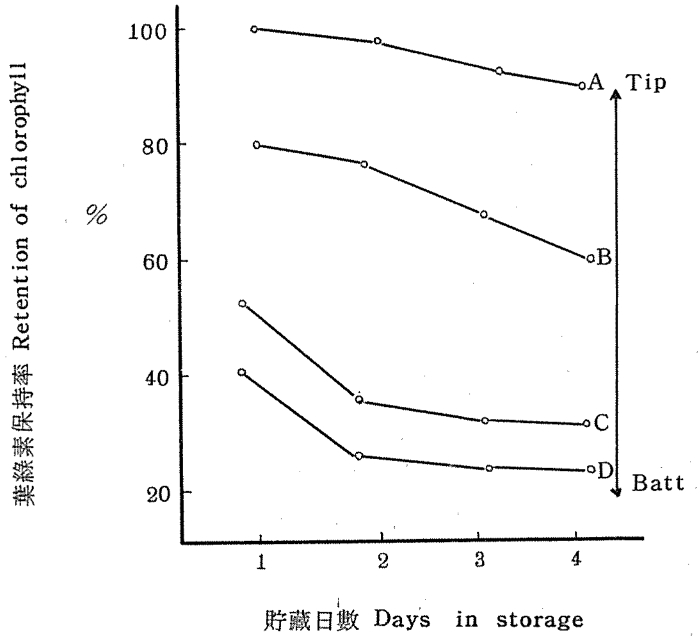
Fig. 1. Hydrocooling nomograph for asparagus spears.

今以 30°C 蘆筍 10kg 經水冷處理 9 分鐘後，得品溫為 8°C，由水冷圖標（Hydrocooling nomograph）校正其差異，本試驗所得之冷却率可達 95 %，由此可見所設計之水冷櫃所冷却之蘆筍嫩莖效果頗能令人滿意。

三、水冷及冷藏對蘆筍冷凍後品質之影響

蘆筍嫩莖採收後至冷凍加工前，施行水冷及冷藏於 5°C 一天，與未經處理之對照區比較品質。所用白及綠蘆筍均於 62 年 6 月 1 日採自嘉義縣六脚鄉，當日上午將白及綠嫩莖各 10kg，各取 2kg 為對照區外，半數先經水冷處理，半數不處理，除對照區外，均貯放於有碎冰蓋頂（top-iceing）之保麗龍之 5°C 保溫箱內，當天下午運至臺大冷藏庫，做 5°C一天之貯藏，對照區則放入 30°C 貯藏一天，然後按一般冷凍方法冷凍加工。結果示如表三，可知白或綠蘆筍嫩莖經水冷及 5°C 貯藏一天者較不處理而貯放於 30°C 一天之對照區之品質高得很多。即糖度、維生素含量及外觀色澤保持較佳，未水冷而有 5°C 貯藏一天者次之，不處理（水冷與冷藏）於 30°C 一天後冷凍之品質最差，其可滴定酸度，粗纖維之含量較為增多。由此證明經水冷及冷藏後再冷凍之蘆筍嫩莖品質較未水冷處理者為佳之原因，即在於降低其採收後之生理及生化之變化，如減低呼吸作用，新陳代謝作用，因而筍芽內之養分消耗較少，而冷凍後之品質較佳也[6,7,8]。

由表三所示各處理區間色差計讀度之差別比較，水冷及冷藏一天者之白亮度 L 值最高。綠筍芽之－a 值最大即表示綠色愈深，＋b 值表示黃色：白筍芽之 L 值表示亮度，以 30°C 貯藏一天後冷凍者為最低，此即表示高溫貯藏對冷凍白蘆筍之色澤有暗化之現象，故在炎夏白蘆筍加工前不宜貯放達一天之久，最好立即加工。



圖二　綠蘆筍葉綠素之保持率與貯藏日數之關係

Fig. 2. Curves for chlorophyll retention affected by stored days.

表三　水冷及冷藏與否對冷凍蘆筍品質之影響

Table 3 Effects of hydrocooling and cold storage on the quality of frozen asparagus spears

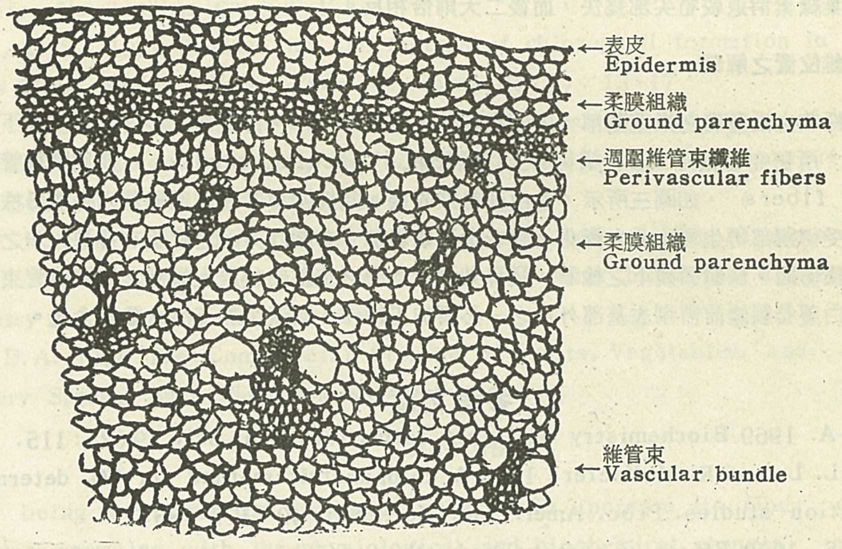
嫩莖 spear	冷凍前處理 treatment before freezing	水分含量 moisture content %	全可溶性固形物 total soluble solids Brix, 20℃	可滴定酸度 titratable acidity citric acid %	維生素丙含量 ascorbic acid content mg／100g	粗纖維 crude fiber %	色差計讀度 color & color-difference meter reading L	a	b
綠蘆筍 green asp.	水冷及5°C冷藏一天 hydrocooling & stored at 5°C for 1 day	93.9	6.00	0.24	41.5	0.58	54.8	−11.7	+22.9
	5°C 冷藏一天 stored at 5°C for 1 day only	93.6	5.85	0.24	38.2	0.55	53.9	−9.7	+22.8
	30°C 貯藏一天 stored at 30°C for 1 day only	92.9	5.80	0.33	36.1	0.71	47.7	−9.7	+20.9
白蘆筍 white asp.	水冷及5°C冷藏一天 hydrocooling & stored at 5°C for 1 day	93.1	5.90	0.23	38.7	0.63	69.8	−0.8	+11.3
	5°C 冷藏一天 stored at 5°C for 1 day only	93.8	5.85	0.32	33.1	0.68	68.0	−1.7	+9.5
	30°C 貯藏一天 stored at 30°C for 1 day only	92.4	5.20	0.32	32.2	0.73	63.5	+0.2	+11.7

四、冷凍前蘆筍嫩莖之貯藏對製品纖維老化之影響

材料取自嘉義縣新港62年6月5日採收之白及綠蘆筍各10kg，經水冷及5°C冷藏於95％相對濕度之冷藏庫內，每天取出2kg依一般方法冷凍加工，冷凍品經－30°C貯藏一個月後，調查冷凍品之品質。特別將其粗纖維及木質素含量之變化列出示如表四。可見貯藏時間愈久，對加工品之品質愈不利。纖維老化之現象亦愈顯著[11]。木質素含量隨貯藏日數而增加更大[4,5]。如白蘆筍貯藏4天比1天者高約四

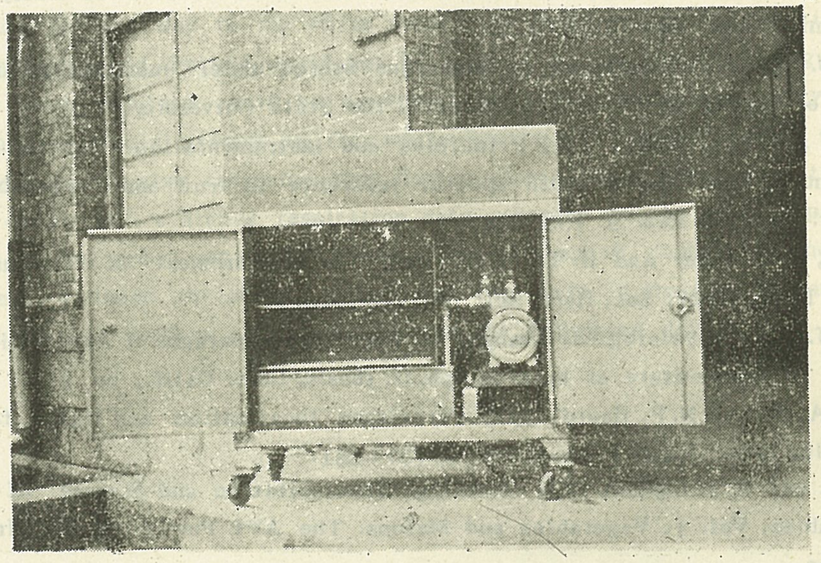
綠蘆筍嫩莖葉綠素含量之影響

葉綠素是綠蘆筍主要外觀品質之一，無論供裝罐、冷凍或鮮銷，葉綠素之含量及保持均屬重要。本試驗所用之綠蘆筍材料係採自屏東里港62年3月13日上午採收者，仍以5°C保麗龍包裝箱空運至臺大冷藏庫，當天抽取樣品做爲測定葉綠素之基本含量，在貯藏期間每日就莖之大、中、小分別各抽取20支，其長爲16cm，秤重後，以丙酮（Acetone）抽出，經遠心分離，所得之澄清液，再以丙酮做成一定量，以L. & B. Spectronic 20比色計測定其濃度，以所含之ppm爲基數，做爲100％，而逐日所測定之



圖三　蘆筍嫩莖近基部之橫切面圖 45 X

Fig. 3 Micrographic cross-section of asparagus spear near base 45X



圖四　水冷櫃之側面圖

Fig.4. The side view of hydrocooler

結果對第一次之比值做爲相對%。因缺乏純葉綠素以資定量，故只能供比較用[18]。

結果示如圖二，可見貯藏於 5°C 、相對濕度 95 %之暗冷藏庫內之樣品，其葉綠素之消退均隨貯藏之時間而增加。本試驗之材料按長度切成四段，以探討嫩莖上四部份葉綠素之消退快慢之情形，結果在貯藏最初二天，基部葉綠素消退較筍尖部爲快，而後二天則恰相反。

六、蘆筍嫩莖纖維位置之解剖

材料取自剛採收之白蘆筍之嫩莖基部，由固定切片、染色等工作，再置於 45 倍之顯微鏡下檢看，結果與前人[10,15]所研究者相同，即在橫切面上以維管束 (Vascular bundles) 及周圍維管束纖維 (Perivascular fibers)，如圖三所示，當白蘆筍採收後，此周圍導管纖維部極易因脫離母株，養分之斷絕供應，或是受切割部份生理生化之變化，致老化現象增加，有關此方面之解說有待進一步之探討。在解剖蘆筍嫩莖之橫切面，做顯微鏡下之檢看，發現其愈近地面之莖基部較愈上端部之周圍維管束纖維層愈厚。此亦即臺灣白蘆筍製罐前需削去基部外皮之一必要加工操作，以減少加工品之纖維含量。

參考文獻

1. Brown, S. A. 1969 Biochemistry of lignin formation. Bio. Sci. 19(2): 115.
2. Claypool, L. L. and R. M. Keefer. 1942 A colorimetric method for CO_2 determination in respiration studies. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40: 177-186.
3. Eheart, M. S. 1970 Effect of storage and other variables on composition of frozen broccoli. J. Food Technol. 24: 1009.
4. Gleim, E. G., D.K. Tressler and F. Fenton. 1944 Ascorbic acid, thiamin, reboflavin, and carotene contents of asparagus and spinach in the fresh, stored and frozen states, both before and after cooking. Food Res. 9: 471-490.
5. Helper, P. W., D. E. Fosket and E. H. Newcomb. 1970 Lignification during secondary wall formation in coleus, an electron microscopic study. Am. J. Botan. 57: 85.
6. Joslyn, M. A. 1970 Physical, Chemical and Instrumental Methods of Analysis. 2nd Ed. Academic Press, New York, N. Y.
7. Kenkars, B. 1965 Gross changes in asparagus stored under modified atmospheres. A thesis for Master of Science in Ritgers, the State University.
8. Kramer, A. and B.A. Twigg, 1957 Principles and instrumentation for the physical measurement of food quality with special reference to fruit and vegetable products. Adv. in Food Res. 9: 153-214.
9. Kramer, A., R. C. Wiley and B. T. Trigg. 1960 The measurement of fibrousness of asparagus. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76: 382-388.
10. Lipton, W. J. 1957 Physiological changes in harvested asparagus (Asp. officinalis) as related to temperature of holding. ph. D. thesis, Univ. Calif., pp. 116.
11. Ranadive, A. S. and N. F. Haard, 1972 Peroxidase localization and lignin formation in developing pear fruit. J. Food Sci. 37(3): 381.
12. Ryall, A. L. and W. J. Lipton, 1972 Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables, Vol. 1, Vegetables and Melons. The AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn.
13. Scott, L. E. and A. Kramer. 1949 Physiological changes in asparagus after harvest. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 54: 357-366.

14. Sichel, S.M. 1956 Chemistry and physiology of lignin formation. Quart. Rev. Biol. 31: 1.
15. Sterling, C., 1957 Cellulose michelles in developing fibers of asparagus. Acta Botanica Neerlandics. 6: 458-471.
16. Wang, C. S., 1972 Studies on the factors of chlorophyll formation in green asparagus (first report). J. Hort. Soc. of China. 18(1): 13-17.
17. Lin, C.H. 1972 Studies on the improvements of quality and yield of asparagus of Taiwan, (2) Factors affecting the effect of hydrocooling on asparagus spears. J. Hort. Soc. of China. 18(1): 18-24.
18. Wu, P. J., R.H. Lee and C. Y. Jun. 1971 Freezing and canning of green asparagus in Taiwan, (1) Quality changes in green asparagus after harvested. Report No. 10. Food Industry and Development Institute.
19. U. S. D. A. 1968 The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Agri. Handbook No. 66.

Summary

After being harvested the asparagus spears will increase its fiber content very rapidly accompanying with the physiological and biochemical changes at the room temperature within a few days. Results obtained from this experiment indicated that contents of total soluble solids, ascorbic acid, and other organic constituents decreased in the stored spears.

In order to prevent or inhibit the quality lowering and deterioration of the post-harvest asparagus spears caused by the environmental factors, a hydrocooling nomograph was applied. The spears were kept fresh and had a better shelf-life in the cold room under 5°C and 95% relative humidity for three days to the green asparagus while for one day to the white asparagus. However, for the freezing purpose, the above mentioned method could not be applied to the white asparagus due to the fact that more cellulose could be converted into fiber and lignin very quickly and more roughness would present in the white spears as revealed in this study.

The experiment also indicated that during stored under low temperature and high humidity conditions, a higher respiration rate revealed in the white asparagus spears than that in the green asparagus spears. The chlorophyll content in the green asparagus spears reduced obviously in the first two days in their batt part, but the reduction showed evident at the tip part in the following days.